

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-109749

(43)Date of publication of application : 23.04.1990

(51)Int.Cl.

B60K 41/16  
B60K 41/00  
F02D 29/02  
F02D 45/00

(21)Application number : 63-262657

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC

(22)Date of filing : 18.10.1988

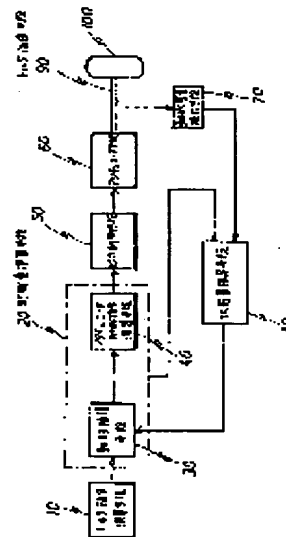
(72)Inventor : ASANO KATSUHIRO  
OKADA SHIGENOBU  
IWAMA NORIO

## (54) VEHICLE DRIVING SYSTEM CONTROL UNIT AND CONTROL METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To always maintain a system in a stable state for obtaining a vehicle driving system without dry unstable phenomenon such as vibration by estimating state quantities of a vehicle not detectable based on an approximate model for a vehicle driving system, and multiplying respective state quantities by feed back gains to perform state feedback.

CONSTITUTION: A torque command operating means 10 for operating an aimed torque which a wheel 100 is to output based on an operation command for a vehicle, a dynamic compensating means 30 for obtaining the optimum control quantity based on the aimed torque, and an operating means 40 for operating an actuator control quantity commensurate with the control quantity necessary for controlling the vehicle driving system based on the control quantity signal obtained here, are provided. An operating means 20 for operating control quantity commensurate with the aimed torque, and an output control means 50 for controlling output of an actuator means 60 for driving the wheel 100 based on the output thereof are also provided. Still more, a state quantity estimating means 80 for estimating other state quantity necessary for obtaining abovementioned control quantity based on output signals of a vehicle state quantity detecting means 70 and the control quantity operating means 20 is provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

4

⑩ 日本国特許庁(JP)      ⑪ 特許出願公開  
⑫ 公開特許公報(A)      平2-109749

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>      識別記号      庁内整理番号      ⑭ 公開 平成2年(1990)4月23日  
B 60 K 41/16           8710-3D  
41/00           8710-3D  
F 02 D 29/02      3 1 1 A      7713-3G  
45/00      3 1 2 H      8109-3G  
審査請求 未請求 請求項の数 8 (全24頁)

⑮ 発明の名称      車両駆動系制御装置および制御方法

⑯ 特 願 昭63-262657

⑰ 出 願 昭63(1988)10月18日

⑱ 発 明 者      浅 野      勝 宏      愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会  
社豊田中央研究所内  
⑱ 発 明 者      岡 田      重 信      愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会  
社豊田中央研究所内  
⑱ 発 明 者      岩 間      紀 男      愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会  
社豊田中央研究所内  
⑲ 出 願 人      株式会社豊田中央研究      愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1  
所  
⑳ 代 理 人      弁理士 高橋 克彦      外1名

明      細      書

1. 発明の名称

車両駆動系制御装置および制御方法

2. 特許請求の範囲

(1) 人や荷物を載置する車体と弾性に富んだ支持装置により支えられた車輪と該車輪を駆動するためのアクチュエータ手段を備えた車両駆動系を制御する装置において、

車両の運転指令に基づき車輪が出力すべきトルクを演算するトルク指令演算手段と、

該トルク指令演算手段から出力された目標トルクに基づき車両駆動系を安定化する最適制御量を得る動的補償手段と、該動的補償手段より出力された制御量信号に基づき車両駆動系を制御するために必要な制御量に見合うアクチュエータ制御量を演算するアクチュエータ制御信号演算手段とからなり、前記トルク指令演算手段より出力された目標トルクに見合う制御量を演算する制御量演算

手段と、

該制御量演算手段より出力されたアクチュエータ指令信号に基づきアクチュエータ手段の出力を制御する出力制御手段と、

該出力制御手段より出力された信号に基づき車輪の制御トルクを出力するアクチュエータ手段と、  
該アクチュエータ手段の出力トルクを車輪に伝達するトルク伝達手段と、

車両の速度およびアクチュエータの出力軸の回転速度などの車両の状態量を検出する車両状態量検出手段と、

該車両状態量検出手段より出力された車両状態量信号と前記制御量演算手段からの信号に基づき前記制御量を得るのに必要な他の状態量を推定し前記制御量演算手段の動的補償手段に該推定状態量および前記車両状態量を出力する状態量推定手段とからなることを特徴とする車両駆動系制御装置。

(2) 状態量推定手段において、状態量の推定は車両駆動系をアクチュエータ側の慣性系と車体側の

慣性系とをバネで結合した近似モデルで模擬し、この近似モデルと同次元のモデルを使用することにより状態量の推定を行う推定手段を具備することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の車両駆動系制御装置。

(3) 状態量推定手段は、状態量の推定は車輪駆動系をアクチュエータ側の慣性系と車体側の慣性系とをバネで結合した近似モデルで模擬し、この近似モデルに対し出力に関する次元を格下げした最小次元のモデルを使用することにより状態量の推定を行う推定手段を具備することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の車両駆動系制御装置。

(4) 状態量推定手段は、車両状態量検出手段より出力された車両状態量信号と制御量演算手段より出力された信号との偏差をフィードバックするとともに、該偏差に対するフィードバックゲインを極配置法に基づいて決定することにより状態量の推定を行う推定手段を具備することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の車両駆動系

車両駆動系制御装置。

(8) 人や荷物を載置する車体と弾性に富んだ支持装置により支えられた車輪と該車輪を駆動するためのアクチュエータ手段を備えた車両駆動系の制御方法であって、車両の運転指令に基づき車輪が出力すべきトルクを演算し、該目標トルクに見合う制御量に基づきアクチュエータの出力を制御することにより、車輪の制御トルクを出力制御する車両駆動系制御方法において、

車両の速度およびアクチュエータ出力軸の回転速度などの車両の状態量と前記制御量に基づいて前記制御量を得るのに必要な他の状態量を推定し、該推定状態量および車両状態量と前記目標トルクに基づいて車両駆動系を安定化する最適制御量を得、これにより前記目標トルクを動的に補償してなることを特徴とする車両駆動系制御方法。

### 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、車輪を弾性に富んだ支持装置を介し

制御装置。

(5) 状態量推定手段は、車両状態量検出手段より出力された車両状態量信号と制御量演算手段より出力された信号との偏差をフィードバックするとともに、該偏差に対するフィードバックゲインを有限整定法に基づいて決定することにより状態量の推定を行う推定手段を具備することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の車両駆動系制御装置。

(6) 動的補償手段は、推定状態量および車両状態量を状態フィードバックする際、フィードバックゲインを最適レギュレータの手法に基づいて決定することにより最終制御量を算出する補償手段を具備することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の車両駆動系制御装置。

(7) 動的補償手段は、推定状態量および車両状態量を状態フィードバックする際、フィードバックゲインを極配置法に基づいて決定することにより最終制御量を算出する補償手段を具備することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の

て人や荷物を載置する車体に固定し、該車輪を高応答のアクチュエータにより駆動する車両駆動系の制御装置および制御方法に関し、特に車両駆動系を常に安定に制御する車両駆動系制御装置および制御方法に関する。

(従来技術およびその問題点)

車輪を備えた車両は、一般に第2図に示すような車両駆動系制御装置により駆動される。この制御装置は、車両の運転指令に基づいて車輪が出力すべきトルクを演算するトルク指令演算部1と、該トルク指令演算部1より出力されたトルク指令に基づいてアクチュエータの出力を制御するための制御信号を演算するアクチュエータ制御信号演算部2と、該アクチュエータ制御信号演算部2より出力されたアクチュエータ制御信号に基づいてアクチュエータ4の出力を制御する出力制御部3と、アクチュエータ4とからなり、該アクチュエータ4から出力されたトルクは車軸5を介して車輪6を駆動し車両の駆動力を得る。

このような従来の車両駆動系制御装置では、こ

れまで特に急激な加減速運転、または、過負荷運転を必要としなかったため、系が極端に振動的したり不安定になることはなかった。

ところが、横風などの外乱に対し車両をアクティブに制御し走行安定性を向上させるシステム、または、車両の加速時および制動時においてタイヤのスリップ率を的確に制御しタイヤと路面の摩擦状態を最適な状態にコントロールするシステム等においては、アクチュエータに対し高応答の制御と短時間の過負荷運転が要求される。そのため、この従来の装置では、飽和などの非線形特性や温度等の急激な変化による系のパラメータ変動が生じ、その結果として車輪駆動系が極端に振動し、時には系が不安定になるという問題を生ずる。この原因は、サスペンションや弾性変形するタイヤなどによるバネ系と非線形特性やパラメータ変動を有する駆動系との干渉によるものである。

この対策として、摩擦ダンパなどを取り付ける方法が考えられるが、十分に振動が抑制できるわけではなく、また、かなり大がかりなものとなる

は、急激な加減速運転や過負荷運転を行う時、サスペンション、弾性変形するタイヤなどによるバネ系と非線形特性、パラメータ変動を有する駆動系とが干渉し、車輪駆動系の極端な振動といった不安定現象が発生していた。本発明者らは、車輪駆動系の近似モデルに基づいて検出できない車両の状態量を推定し、各々の状態量にフィードバックゲインを掛けて状態フィードバックすることにより系を安定化し、振動などの不安定現象が発生しないようになして、従来技術の主たる問題点を解決することに着眼した。また、指令値に対し定常偏差もなくかつ高応答で動作すること、アクチュエータの出力限界に基づく非線形特性に対しても十分に安定であること、付加する検出器も極力少なくまた安価であること、さらには、推定された状態量がトラクション・コントロールなどの他の車両制御または運転状態のモニタとして利用できることに着眼し、高性能で信頼性の高い車輪駆動系制御装置を実現した。

ため、重量、スペース、経済性の面から実現不可能である。

一方、非線形特性やパラメータ変動のない高出力のアクチュエータを使用する方法もあるが、この場合も、高価で重量、体格の大きなアクチュエータが必要となり、実用上実現が難しいという問題があった。

そこで、本発明者らは、上述の如き従来技術の問題点を解決すべく鋭意研究し、各種の系統的実験を重ねた結果、本発明を成すに至ったものである。

#### (発明の目的)

本発明の目的は、通常時のみならずアクチュエータの過負荷運転時などにおいても、安定化した振動のない高応答の車両駆動系制御装置および制御方法を提供するにある。

本発明者らは、上述の従来技術の問題点に対し、以下のことに着眼した。

すなわち、従来の車両駆動系制御装置において

#### (第1発明の説明)

##### 発明の構成

本第1発明の車両駆動系制御装置(特許請求の範囲第(1)項記載の発明)は、第1図に示すように、人や荷物を載置する車体と弾性に富んだ支持装置により支えられた車輪100と該車輪100を駆動するためのアクチュエータ手段60を備えた車両駆動系を制御する装置において、車両の運転指令に基づき車輪100が出力すべきトルクを演算するトルク指令演算手段10と、該トルク指令演算手段10から出力された目標トルクに基づき車両駆動系を安定化する最適制御量を得る動的補償手段30と、該動的補償手段30より出力された制御量信号に基づき車両駆動系を制御するために必要な制御量に見合うアクチュエータ制御量を演算するアクチュエータ制御信号演算手段40とからなり、前記トルク指令演算手段10より出力された目標トルクに見合う制御量を演算する制御量演算手段20と、該制御量演算手段20より出力されたアクチュエータ指令信号に基づきアクチュ

エータ手段60の出力を制御する出力制御手段50と、該出力制御手段50より出力された信号に基づき車輪の制御トルクを出力するアクチュエータ手段60と、該アクチュエータ手段60の出力トルクを車輪に伝達するトルク伝達手段90と、車両の速度およびアクチュエータの出力軸の回転速度などの車両の状態量を検出する車両状態量検出手段70と、該車両状態量検出手段70より出力された車両状態量信号と前記制御量演算手段20からの信号に基づき前記制御量を得るのに必要な他の状態量を推定し前記制御量演算手段20の動的補償手段30に該推定状態量および前記車両状態量を出力する状態量推定手段80とからなることを特徴とするものである。

#### 発明の作用

まず、トルク指令演算手段10において、車両の運転指令に基づいて車輪が出力すべきトルクを演算し、制御の目標値として出力する。

そして、制御量演算手段20において、該トルク指令演算手段10より出力された目標トルクに

状態量推定手段80より出力された推定状態量および車両状態量は前記制御量演算手段20の動的補償手段30に入力され、この動的補償手段30においてこれら状態量と前記トルク指令演算手段10より出力された目標トルクとに基づいて車両駆動系を安定化する最適制御量を得る。次いで、アクチュエータ制御信号演算手段40において、該動的補償手段30より出力された制御量信号に基づき車両駆動系を制御するために必要な制御量に見合うアクチュエータ制御量を演算し、アクチュエータ制御信号を出力する。

#### 発明の効果

本第1発明により、サスペンションや弾性変形するタイヤなどによるバネ系と非線形特性、パラメータ変動などを有する駆動系が干渉し、通常、振動といった不安定現象が発生する車両駆動系においても、車両駆動系の近似モデルに基づいて検出できない車両の状態量を推定し、各々の状態量に的確なフィードバックゲインを掛けて状態フィードバックする。そのため、系が常に安定な状態

見合う制御量を演算し、アクチュエータ指令信号を出力する。

さらに、出力制御手段50において、該制御量演算手段20より出力されたアクチュエータ指令信号に基づきアクチュエータ手段60の出力を制御する。

そして、該出力制御手段50より出力される制御量信号に基づき、アクチュエータ手段60を駆動し、トルク伝達手段90を介して車輪100を回転させ車両の駆動力を得る。

ここで、本発明の車両駆動系制御装置では、車両状態量検出手段70において、車両の速度およびアクチュエータ手段60の出力軸の回転速度などの車両の状態量を検出し、該状態量に相当する電気信号などに変換する。そして、状態量推定手段80において、該車両状態量検出手段70より出力された推定状態量および車両状態量信号と前記制御量演算手段20からの信号に基づき前記制御量を得るのに必要な他の状態量を推定し、該推定状態量および前記車両状態量を出力する。該状

態に保たれ、振動などの不安定現象のない車両駆動系が実現できる。

また、これを実現するために特別な機械要素を必要としないので重量、スペースの面で有利であり、ひいては、経済性、信頼性においても優れている。

さらに、状態量推定手段により推定された状態量は、トラクション・コントロールなどの他の車両制御への情報として、または運転状態のモニタとして利用できるので、全体的には検出器の低減が可能となりコスト、スペース、信頼性の面で利するところが大きい。

#### (第2発明の説明)

#### 発明の構成

本第2発明の車両駆動系制御方法(特許請求の範囲第(8)項記載の発明)は、人や荷物を載置する車体と弾性に富んだ支持装置により支えられた車輪と該車輪を駆動するためのアクチュエータ手段を備えた車両駆動系の制御方法であって、車両の運転指令に基づき車輪が出力すべきトルクを演算

し、該目標トルクに見合う制御量に基づきアクチュエータの出力を制御することにより、車輪の制御トルクを出力制御する車両駆動系制御方法において、車両の速度およびアクチュエータ出力軸の回転速度などの車両の状態量と前記制御量に基づいて前記制御量を得るのに必要な他の状態量を推定し、該推定状態量および車両状態量と前記目標トルクに基づいて車両駆動系を安定化する最適制御量を得、これにより前記目標トルクを動的に補償してなることを特徴とするものである。

#### 発明の作用

本第2発明の車両駆動系制御方法は、車両の運転指令に基づき車輪が出力すべきトルクを演算し、該目標トルクに見合う制御量に基づきアクチュエータの出力を制御することにより、車輪の制御トルクを出力制御する車両駆動系制御方法において、先ず、車両の速度およびアクチュエータ出力軸の回転速度などの車両の状態量と前記制御量に基づいて、前記制御量を得るのに必要な他の状態量を車両駆動系の近似モデルを使うなどして推定する。

以下、本第1発明の車両駆動系制御装置に関するその他の発明について、述べる。

本発明の第1発明の車両駆動系制御装置の状態量推定手段および制御量演算手段のさらに具体例な発明について述べると、以下のようである。

すなわち、本発明の第3の発明は、前記第1発明において、状態量推定手段80は、車両状態量検出手段70より出力された推定状態量および車両状態量信号と前記制御量演算手段20からの信号を入力する。そして、これらの入力信号から車輪駆動系を模擬した近似モデルの状態量を演算する。ここで、近似モデルの状態量と実際の状態量との偏差が常に零に収束するように設計する。これにより、検出できない状態量についても近似モデルの状態量を使用すること、すなわち、推定が可能になる。

次に、動的補償手段30において、状態量推定手段80から出力された推定状態量および実際の車両状態量にフィードバックゲインを掛け、その結果をトルク指令演算手段10からのトルク指令

次に、該推定状態量および車両状態量と前記目標トルクに基づき、該状態量にフィードバックゲインを掛けた結果を前記トルク指令から減算するなどして車両駆動系を安定化する最適制御量を得る。

このように、前記目標トルクを動的に補償することにより、車両駆動系を安定化する。

#### 発明の効果

本第2発明の車両駆動系の制御方法により、サスペンションや弾性変形するタイヤなどによるバネ系と非線形特性、パラメータ変動などを有する駆動系が干渉し、通常、振動といった不安定現象が発生する車両駆動系においても、車両駆動系の近似モデルに基づいて検出できない車両の状態量を推定し、各々の状態量に的確なフィードバックゲインを掛けて状態フィードバックする。そのため、系が常に安定な状態に保たれ、振動などの不安定現象がなく、しかも信頼性の高い車両駆動系が実現できる。

(他の発明の説明)

値から減算する、いわゆる状態フィードバックをする。そして、この結果を制御入力信号としてアクチュエータ制御信号演算手段40に出力する。ここで、各々の状態量に対するフィードバックループは、1入力1出力系におけるマイナーループと同様な働きをするため、仮に、系の理想的な状態からのずれ(各状態量の定常値からの偏差)が生じて、それをすみやかに減少させるように作動する。ゆえに、車両駆動系は、常に、安定な状態に保たれる。

このようにすることにより、この本第3の発明の制御装置では、車両の駆動力を制御する際、状態量推定手段80において、車両状態量検出手段70より出力された推定状態量および車両状態量信号と前記制御量演算手段20からの信号を入力し、これらの値により、車両駆動系を模擬した近似モデルの状態量を実際の状態量に追従させる。これにより、検出できない状態量も近似モデルの状態量を使用することにより、すなわち推定が可能になる。続いて動的補償手段30において、各

々の状態量にフィードバックゲインを掛けその結果をトルク指令演算手段10からのトルク指令から減算する、いわゆる状態フィードバックをする。ここで、各々の状態量に対するフィードバックゲインは、系の理想的な状態からのずれ（各状態量の定常値からの偏差）に対し、それをすみやかに減少させるような値に設定するため、車両駆動系の安定化がはかれる。

また、本第1発明の車両駆動系制御装置は、アクチュエータ制御信号演算手段40と出力制御手段50とアクチュエータ手段60とトルク伝達手段90と車輪100と車両状態量検出手段70とからなる部分を制御工学における制御対象として考えることができる。ここで、制御入力を $u$ 、出力を $y$ 、状態ベクトルを $x$ とすると、

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k-1) \\ y(k) &= Cx(k) \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (1)$$

なる状態方程式で表わすことができる。ここで、 $A$ は $n \times n$ 行列、 $B$ は $n \times m$ 行列、 $C$ は $1 \times n$ 行

列である。また、ここでは動的補償手段や状態量推定手段などの計算遅れを前記制御対象側に含めているので、 $u(k)$ を $u(k-1)$ としている。これをブロック図で表わすと第3図のようになり、アクチュエータ制御信号演算手段60と出力制御手段50とアクチュエータ手段60とトルク伝達手段90と車輪100を行列 $A$ 、 $B$ 、 $C$ からなる制御対象80によりまとめた構成となる。

さて、(1)式は、実際の制御対象を有限次数の線形方程式で表した近似モデルである。この近似モデルは状態量推定手段80において状態量を推定する際に使用する。そのため、これをどのように構成するかは制御特性を決める上で極めて重要である。

本発明の車両駆動系制御装置は、上記近似モデルの構成方法、状態量推定手段80、動的補償手段30の方式の違い等により、以下のような他の発明を探り得る。

第4の発明は、状態量推定手段80において、車両駆動系をアクチュエータ手段60側の慣性系と

車体側の慣性系とをバネで結合した近似モデルで模擬し、この近似モデルと同一次元のモデルを使用することにより状態量の推定を行う推定手段を具備することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第4の発明による近似モデルは、第4図、第5図により説明することができる。

第4図は、車両駆動系の1輪分を表したものである。アクチュエータ手段60は減速機RG、車輪90を介して車輪100を駆動しており、それらは支持装置SDを介して車体に固定されている。ここで、車輪100の回転方向に対する歪と支持装置SDの前後方向の変形は、車輪100の回転方向の弾性変形と等価である。ゆえに、第5図のように、アクチュエータ手段60側の慣性系（慣性モーメント： $J_m$ 、粘性摩擦係数： $D_m$ ）と車体側の慣性系（慣性モーメント： $J_v$ 、粘性摩擦係数： $D_v$ ）をバネ（バネ係数： $K$ ）で結合した近似モデルで表せる。なお、アクチュエータ側60側の回転角を $\theta_m$ 、回転角速度を $\omega_m$ 、また、車体

側の回転角を $\theta_v$ 、回転角速度を $\omega_v$ とし、それぞれの偏差を $\Delta\omega$ 、 $\Delta\theta$ としている。

第4の発明では、この近似モデルとまったく同じモデルを状態量推定手段内に構成し、制御入力に対する出力を演算する。そして、演算された出力と検出器により検出した出力とを比較しその偏差が零に収束するようにフィードバックする。その結果、状態量推定手段内の状態量は実際の状態量に追従することになり推定可能となる。これは、現代制御理論における同一次元オブザーバである。

第4の発明によれば、実際の車両駆動系を少ない次数で近似でき近似精度も高い。また、近似モデルとまったく同じモデルを状態量推定手段内に設けるため推定した状態量が物理的な意味を持つ諸量となり都合がよい。また、ノイズ等にも強い。

第5の発明は、状態量推定手段80において、車両駆動系をアクチュエータ側の慣性系と車体側の慣性系とをバネで結合した近似モデルで模擬し、この近似モデルに対し出力に関する次元を格下げ



した最小次元のモデルを使用することにより状態量の推定を行う推定手段を具備することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第5の発明の近似モデルは、第4の発明の近似モデルとまったく同じであるので近似モデルの説明を省く。

第5の発明では、近似モデルにおいて、出力に関する状態量はすでに既知であることに着目してそれらに対する次元を格下げし、その結果得られる最小次元のモデルを状態量推定手段80内に設ける。そして、原理的には、制御入力に対する出力を演算し、演算された出力と車両状態量検出手段70により検出した出力との偏差が零に収束するようにフィードバックすることと等価な演算を行う。

その時、状態量推定手段80内の状態量は実際の状態量に追従することになり推定可能となる。これは、現代制御理論における最小次元オブザーバである。

第5の発明によれば、第4の発明と同様に、実

第7の発明は、状態量推定手段80において、演算された出力と車両状態量検出手段70により検出した出力との偏差をフィードバックする際、偏差に対するフィードバックゲインを有限整定法に基づいて決定することにより状態量の推定を行う推定手段を具備することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第7の発明では、状態量推定手段80において推定される状態量が状態量推定手段80に設けられたモデルの次数に等しい演算回数で収束する。

そのため、演算周期が長い場合においても、短時間で状態量を推定することができる。

第8の発明は、動的補償手段30において、状態量を状態フィードバックする際にフィードバックゲインを最適レギュレータの手法に基づいて決定することにより最適制御量を算出する補償手段を具備することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第8の発明では、車両駆動系の応答が、動的補償手段30において最適レギュレータにより設定

した車両駆動系を少ない次数の近似モデルで近似でき近似精度も高い。また、状態量推定手段80内で推定する際には、さらに、次数の少ないモデルを使用するため推定するための演算量が減少し制御回路の簡単化、高速化が可能となる。

第6の発明は、状態量推定手段80において、演算された出力と車両状態量検出手段70により検出した出力との偏差をフィードバックする際、偏差に対するフィードバックゲインを極配置法に基づいて決定することにより状態量の推定を行う推定手段を具備することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第6の発明では、状態量推定手段80において推定される状態量が極配置法で指定される極位置に対応した応答速度で実際の値に追従する。そのため、フィルタ的な効果が現れノイズ等の外乱に対しても強い。

また、アナログ回路により構成することも容易であるので、高応答、高精度の制御回路を実現できる。

した評価関数を最小とする応答となる。

そのため、実用化する際に、個々の制御対象に応じた適切なフィードバックゲインを設定することができる。

第9の発明は、動的補償手段30において、状態量を状態フィードバックする際にフィードバックゲインを極配置法に基づいて決定することにより最適制御量を算出する補償手段を具備することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第9の発明では、車両駆動系の応答速度が、動的補償手段30において極配置法により指定した極位置に対応した応答速度になる。

そのため、実用化する際に、車両駆動系として求められる応答性能に応じた適切なフィードバックゲインを設定することができる。

第10の発明は、動的補償手段30において、定常偏差をなくすための積分補償手段を付加することとを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第10の発明では、動的補償手段30において、入力指令に対する偏差を積分しその積分値をフィ

ードバックするため定常偏差は生じない。

そのため、積分特性のない制御対象に対しても系の状態量を常に入力指令に追従させることが可能となり、制御がきわめて容易となる。

第11の発明は、動的補償手段30において、計算機の計算遅れの影響を防ぐための計算遅れ補償手段を付加することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第11の発明では、動的補償手段30を計算機で構成する際、計算機の計算遅れも状態量として定義しフィードバックする。

そのため、制御周期が長い場合においても、計算遅れの影響を極力小さくすることができる。

第12の発明は、動的補償手段30において、定常偏差をなくすために積分制御手段を併用することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第12の発明では、動的補償手段30において、入力指令に対する状態量の偏差を積分しその積分値に積分ゲインを掛けた後入力指令に加算する。これにより、定常状態における偏差が零となる。

信号を限界値に再設定した場合においても、その時の積分補償または積分制御の積分値については、制御入力信号が限界値になるような値を逆算しにその値に再設定するため、系の動作点は完全な飽和領域に入らず線形領域と飽和領域の境界に再設定される。

そのため、制御入力が増和するような状態においても、状態フィードバックは利いており、常に車両駆動系は安定化される。

第14の発明は、動的補償手段30において、出力制御手段40およびアクチュエータ手段60の出力限界から決まる制御入力の上限值、下限値に基づいて、上限値より大きな制御入力信号に対しては制御入力信号を上限值に再設定し、その時の積分補償または積分制御の積分値については、制御入力信号が上限値になるような値を逆算し、逆算した結果が正の場合にはその値に再設定し、逆算した結果が負の場合には、零に再設定し、下限値より小さな制御入力信号に対しては制御入力信号を下限值に再設定し、その時の積分補償または

そのため、積分特性のない制御対象に対しても、系の状態量を常に入力指令に追従させることが可能となり、制御がきわめて容易となる。また、状態フィードバックとは別に積分ゲインを設定できるので設計が容易である。

第13の発明は、動的補償手段30において、出力制御手段50およびアクチュエータ手段60の出力限界から決まる制御入力の上限值、下限値に基づいて、上限値より大きな制御入力信号に対しては制御入力信号を上限值に再設定し、その時の積分補償または積分制御の積分値については、制御入力信号が上限値になるような値を逆算しその値に再設定し、下限値より小さな制御入力信号に対しては制御入力信号を下限值に再設定し、その時の積分補償または積分制御の積分値については、制御入力信号が下限値になるような値を逆算しその値に再設定する手段を具有することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第13の発明では、動的補償手段30において、限界値を超える制御入力信号に対して、制御入力

積分制御の積分値については、制御入力信号が下限値になるような値を逆算し、逆算した結果が負の場合にはその値に再設定し、逆算した結果が正の場合には、零に再設定する手段を具有することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第14の発明では、動的補償手段30において、限界値を超える制御入力信号に対して、制御入力信号を限界値に再設定した場合においても、その時の積分補償または積分制御の積分値については、制御入力信号が限界値になるような値を逆算しにその値に再設定するため、系の動作点は完全な飽和領域に入らず線形領域と飽和領域の境界に再設定される。

そのため、制御入力が増和するような状態においても、状態フィードバックは利いており、常に車両駆動系は安定化される。

また、限界値を極端に越える制御入力信号により、再設定された後の積分補償または積分制御の積分値の符号が変わるような場合には、積分値を零に再設定する。

そのため、ノイズ等により積分値が本来の値から極端にかけ離れた値に再設定されることはなく、常に安定で信頼性の高い車輪駆動系が実現できる。

第15の発明は、トルク指令演算手段10において、定常偏差をなくするために、あらかじめ定常偏差分のオフセットをトルク指令値に加えるオフセット手段を具有することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第15の発明では、トルク指令演算手段10において、あらかじめ定常偏差分のオフセットをトルク指令値に加え、状態量の定常値が本来の入力指令に落ち着くように制御される。

そのため、積分特性のない制御対象に対しても、系の状態量を常に入力指令に追従させることが可能となり、制御が極めて容易となる。また、積分補償、積分制御等による極の追加もないため、系の応答性を上げることができる。

第16の発明は、車両状態量検出手段70において、アクチュエータ手段60の出力軸の回転速度を検出する回転速度センサを具備することを特徴

とする車両駆動系制御装置である。

第16の発明では、比較的高精度で高応答な検出が容易なアクチュエータ手段60の出力軸の回転速度を検出するため、状態量推定手段80における状態量の推定精度が向上する。

そのため、車両駆動系の制御においても高精度で高応答な制御特性が得られる。

第17の発明は、車両状態量検出手段70において、車体の車速を検出する車速センサを具備することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

第17の発明では、もともと他の車両制御で使用している車速検出器の情報をを使用して状態量推定手段80での状態量の推定を行う。

そのため、検出器を付加する必要がなくなり経済的にも有利である。

以上の基本的な発明の他に、本発明の車両駆動系制御装置は、アクチュエータ制御信号演算手段40、出力制御手段50、アクチュエータ手段60、の方式の違いにより、さらに以下のような他の発明を採り得る。

第18の発明は、アクチュエータ制御信号演算手段18を交流モータのベクトル制御回路と電流制御回路で、出力制御手段50をインバータ回路で、アクチュエータ手段60を交流モータで構成することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

上述の構成より成る第18の発明においては、堅牢、安価、保守不要である交流モータを電子回路ならびに電気的な電力変換回路で駆動することになる。

そのため、高精度、高応答の制御が可能で、騒音も小さくクリーンなシステムが実現する。また、保守もほとんど不要となる。

第19の発明は、アクチュエータ制御信号演算手段40を電流制御回路で、出力制御手段50をチョップパ回路で、アクチュエータ手段60を直流モータで構成することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

上述の構成より成る第19の発明においては、制御が容易な直流モータを電子回路ならびに電気的な電力変換回路で駆動することになる。

そのため、第16の発明と同様に高精度、高応答の制御特性が得られ、かつ騒音も小さくクリーンなシステムが実現する。また、制御が容易であるため制御回路も簡単化する。

第20の発明は、アクチュエータ制御信号演算手段40を油圧バルブ制御回路で、出力制御手段50を油圧バルブで、アクチュエータ手段60を油圧アクチュエータで構成することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

上述の構成より成る第20の発明においては、重量当りの出力が非常に大きい油圧アクチュエータを小さなバルブでコントロールすることになる。

そのため、電気式に比べ重量、スペースの面で有利となる。また、油圧源を共通にできるので、さらにコンパクトになる。

第21の発明は、アクチュエータ制御信号演算手段40を変速比演算回路で、出力制御手段50を変速比制御回路で、アクチュエータ手段60を無段変速機で構成することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

上述の構成より成る第21の発明においては、エンジン等を動力源として無段変速機の変速比を変えることにより応答性の高い出力トルクの制御をする。

そのため、出力を大きくとることができ即応性にも優れている。

第22の発明は、アクチュエータ制御信号演算手段17を指令トルクに対し各種操作量を演算する燃料噴射量演算回路、吸入空気量演算回路および点火タイミング演算回路で構成し、出力制御手段50を燃料噴射量制御回路、吸入空気量制御回路および点火タイミング制御回路で構成し、アクチュエータ手段60をエンジンで構成することを特徴とする車両駆動系制御装置である。

上述の構成より成る第22の発明においては、エネルギーとして化学エネルギーを使用する。

そのため、エネルギー密度が高く、軽量の車両を構成できる。また、運転持続時間も長くとれ、走行距離も延びる。さらに、出力を大きくすることも可能となる。

る。

トルク指令演算手段11は、車両の運転指令に基づいて車輪101が出力すべきトルクを演算し、制御の目標値として出力する。

制御量演算手段21は、動的補償手段31とアクチュエータ制御信号演算手段41とからなる。動的補償手段31は、前記トルク指令演算手段11より出力された目標トルクと状態量推定手段81より出力された推定状態量および車両状態量に基づいて車両駆動系を安定化する最適制御量を演算する。

アクチュエータ制御信号演算手段41は、ベクトル制御回路410と電流制御回路420とからなる。ベクトル制御回路410は、前記動的補償手段31より出力された制御量信号をベクトル制御演算して電流指令を求め、出力する。電流制御回路420は、ベクトル制御回路410から出力された電流指令に実際の電流が追従するようにPWM制御演算する。

出力制御手段51は、インバータ回路で構成さ

この他、トルク伝達手段90を構成する際、歯車による減速機、タイミングベルト、チェーン、等の選択が有り得る。また、それらを省略しホイールモータ等によりダイレクトドライブすることが考えられる。しかし、これらは実用化する際の構成要素の選択であり本発明の本質に関わるものではない。

#### (実施例)

以下に、本発明の内容を、具体的に説明する。

#### 第1実施例

本発明の車両駆動系制御装置を、第6図および第7図を用いて説明する。

本実施例の車両駆動系制御装置は、車両の走行安定性、外乱抑止力向上を目指したアクティブ制御装置を有する車両に適用したものである。

本実施例装置は、第6図に示すように、トルク指令演算手段11と、制御量演算手段21と、出力制御手段51と、アクチュエータ手段61と、車両状態量検出手段71と、状態量推定手段81と、トルク伝達手段91と、車輪101とからな

れ、前記電流制御回路420より出力された最適制御量に相当する電気信号に基づき、各相の出力電位をスイッチングして交流モータをPWM制御する。

アクチュエータ手段61は、交流モータで構成され、トルク伝達手段91を介して車輪101に接続し、前記出力制御手段51から出力された信号に基づき該車輪101のトルクを連続的に可変制御する。

トルク伝達手段91は、減速機911と車軸912とから構成され、アクチュエータ手段61より出力されたトルクを回転数変換して車輪101にトルクを伝達する。そして、該駆動輪101には、弾性に富んだ市販のゴム製のタイヤが一体的に取り付けられており、これらトルク伝達手段91および駆動輪101は、支持装置SD1を介して車体に固定されている。

車両状態量検出手段71は、回転速度検出センサで構成され、前記交流モータ61の回転速度を検出し、該回転速度に相当する電気信号を出力す

る。

状態量推定手段81は、前記制御量演算手段21の動的補償手段31より出力された制御量信号と前記車両状態検出手段71より出力された回転速度に相当する電気信号に基づき系の状態量を推定し、該状態量推定量および前記回転速度に相当する電気信号を出力する。

また、本実施例装置を分かり易く説明するため、アクチュエータ制御信号演算手段41と出力制御手段51とアクチュエータ手段61とトルク伝達手段91と車輪101と車両状態量検出手段71とからなる部分を、行列A、B、Cによる制御対象210として、第7図に示している。

なお、動的補償手段31は、減算器311と、加算器315と、加減算器313と、係数行列乗算器312、314、317と、演算子 $(Z^{-1})$ 316と、演算子 $(Z^{-1})$ 318と、リミッタ319とからなる。

減算器311は、前記トルク指令演算手段11から出力された目標トルクと、前記状態量推定手

段81から出力された推定状態量および車両状態量を減算してトルク誤差を出力する。

また、乗算器312は、減算器311より出力されたトルク誤差に相当する電気信号をK<sub>1</sub>倍してその結果を出力する。

また、加算器315は、減算器311より出力されたトルク誤差に相当する電気信号と前記演算子316 $(Z^{-1})$ から出力されたトルク誤差の積算値に相当する信号を加算し、新たなトルク誤差の積算値を出力する。

また、演算子316 $(Z^{-1})$ 316は、前記加算器315から出力された新たなトルク誤差の積算値に相当する信号とリミッタ319から出力された信号とからトルク誤差の積算値を演算し出力する。

また、乗算器317は、演算子316より出力されたトルク誤差の積算値に相当する電気信号をK<sub>2</sub>倍して出力する。

また、乗算器314は、前記状態量推定手段81から出力された状態量をK<sub>3</sub>倍して出力する。

また、加減算器313は、前記乗算器312から出力された信号と前記乗算器317から出力された信号を加算し、および前記乗算器314より出力された信号を減算して、新たな制御量を出力する。

また、演算子 $(Z^{-1})$ 318は、前記加減算器313から出力された新たな制御量を記憶してその値を出力する。

また、リミッタ319は、前記演算子318からの出力を上限・下限値内に制限してその結果を出力する。

前記状態量推定手段81は、係数行列乗算器811、812、815、816、818と加算器813、817および演算子814とからなる。

乗算器811は、制御入力量を入力し、行列Mを乗算する。乗算器812は、モータ回転速度を入力し、行列Gを乗算する。加算器813は、前記乗算器811からの出力と乗算器812からの出力および乗算器815からの出力を加算する。演算子814は、加算器813からの出力を入力

し、その結果を次の演算まで保持する。この演算は $Z^{-1}$ を乗算することに相当する。乗算器815は、演算子814に前図から保持されていた演算結果に行列Pを乗算する。乗算器816は、演算子814に前図から保持されていた演算結果に行列Hを乗算する。乗算器818は、モータ回転速度を入力し、行列Jを乗算する。加算器817は、前記乗算器816の出力と乗算器818の出力を加算し、その結果である系の状態量を動的補償手段31に出力する。

前記制御対象210は、アクチュエータ制御信号演算手段41に相当するベクトル制御回路410と、電流制御回路420と、出力制御手段51に相当するインバータ回路と、アクチュエータ手段61に相当する交流モータと、トルク伝達手段91に相当する減速機911および主軸912と、車輪101と、車両状態量推定手段71に相当する回転速度検出センサとにより構成される。

この制御対象210を、

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k)$$

$$y(k) = Cx(k)$$

なる状態方程式と出力方程式により近似する。上式をブロック線図表示すると、係数行列乗算機211、214、215と加算器212と演算子213とにより構成できる。

乗算器211は、制御入力 $u$ を入力し、行列 $B$ を乗算する。加算器212は、前記乗算器211からの出力と乗算器215からの出力を加算する。演算子213は、加算器212からの出力を次の演算まで保持する。この演算は、 $Z^{-1}$ を乗算することに相当する。乗算器215は、演算子213に前回より保持されていた演算結果に行列 $C$ を乗算することによりモータ回転速度を演算し、状態量推定手段81へ出力する。

この実施例装置は、基本的に第4図と同様の方法であり、第5図に示すように、タイヤの回転方向に対する歪と支持装置の前後方向の変形を、車軸の回転方向の弾性変形に近似したモデルで考えたものである。

すなわち、アクチュエータ側の慣性系（慣性モー

$$y = \omega_m$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & K & 0 \\ -1/J_m & -D_m/J_m & 0 \\ 1/J_v & 0 & -D_v/J_v \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/J_m \\ 0 \end{bmatrix}, \quad C = [0, 1, 1]$$

なる状態方程式で表わすことができる。なお、添字“T”は、行列の転置を示す。

以上は、連続系の状態方程式であるが、これを離散化計算し計算機用の状態方程式に置き換える。得られた結果を新たに行列 $A$ 、行列 $B$ 、行列 $C$ と置くと、

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k-1)$$

$$y(k) = Cx(k)$$

と書き表すことができる。これを、ブロック図で表すと第7図における制御対象210（構成要素：211～215）となる。

つぎに、上式で表される制御対象に対し最小次元オブザーバによる状態観測手段を設計する。す

メント： $J_m$ 、粘性摩擦係数： $D_m$ ）と車体側の慣性系（慣性モーメント： $J_v$ 、粘性摩擦係数： $D_v$ ）をバネ（バネ係数： $K$ ）で結合した近似モデルである。なお、アクチュエータ側の回転角を $\theta_m$ 、回転角速度を $\omega_m$ 、また、車体側の回転角を $\theta_v$ 、回転角速度を $\omega_v$ 、それぞれの偏差を $\Delta\omega$ 、 $\Delta\theta$ とし、モータトルク $T_m$ およびホイールトルク $T_h$ を、式で表すと次のようになる。

$$T_m = J_m \cdot P \cdot \Delta\omega + D_m \cdot \Delta\omega + T_h$$

$$T_h = K \cdot \Delta\theta$$

$$T_h = J_v \cdot P \cdot \omega_v + D_v \cdot \omega_v$$

ここで、 $D_m$ は、タイヤ、支持装置などの弾性変形に対する損失に関係した係数である。また、車体側の諸量については、減速機の減速比を使ってモータ側の値に換算している。ここで、制御入力 $u$ 、出力 $y$ 、状態ベクトル $x$ とすると、系は

$$Px = Ax + Bu$$

$$y = Cx, \quad P = d/dt,$$

$$u = T_m, \quad x = [T_h, \Delta\omega, \omega_v]^T,$$

なわち、次の式により、状態ベクトル $x$ を推定するオブザーバを構成する。

$$Z(k+1) = FZ(k) + Mu(k) + Gy(k)$$

$$\hat{x}(k) = HZ(k) + Jy(k)$$

最小次元オブザーバの設計に際しては極配置法を適用する。これにより、第7図における行列 $M$ 811、行列 $G$ 812、行列 $F$ 815、行列 $H$ 816、行列 $J$ 818が決定される。この結果、制御入力 $u$ と出力 $y$ を入力し状態ベクトル $x$ を推定する状態量推定手段81が実現する。推定された状態ベクトル $\hat{x}$ は、動的補償手段31に出力する。なお、最小次元オブザーバの設計法および極配置法に関しては、制御工学においてよく用いられる一般的な方法であり、ここでは説明を省く。

動的補償手段31においては、状態量推定手段81で推定された状態ベクトル $\hat{x}$ に対しフィードバックゲインを掛けて、その結果をトルク指令演算手段11からのトルク指令から減算することにより制御入力 $u$ を求める。これは、いわゆる状態

フィードバックであり、フィードバックゲインを適切に与えることにより車輪駆動系を安定化する制御入力信号を得ることができる。これを、式で表すと、

$$u(k) = K_1^T \cdot r(k) - K_2^T \cdot \bar{x}(k)$$

$$r = \begin{bmatrix} T m r \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad T m r: \text{トルク指令値}$$

となる。なお、ここでは極配置法に基づいてフィードバックゲインを決定する。すなわち、行列  $[A - B \cdot k^T]$  に対する安定な固有値（絶対値が1より小さい）を指定し、それを満足する  $k^T$  を求める。なお、この極配置法に関しても、制御工学においてよく用いられる一般的な方法により行う。以上により求められた  $k^T$  を、

$$k^T = [k_1, k_2, k_3]$$

とすると行列  $K_1$  は次のように決定することができる。

$$K_1 = \begin{bmatrix} k_1 - 1 \\ k_2 \\ k_3 \end{bmatrix}$$

理を行う。

I.  $u(k) > u_{max}$  の時、

$u(k) = u_{max}$  とし、積分値は、

$$\Sigma \{r(k) - \bar{x}(k)\}$$

$$= [u_{max} - K_1^T \{r(k) - \bar{x}(k)\} - K_2^T \cdot \bar{x}(k)] / k_4$$

を満足するように再設定する。

但し、 $\Sigma \{r(k) - \bar{x}(k)\} < 0$  となる時には、

$$\Sigma \{r(k) - \bar{x}(k)\} = 0$$

とする。

II.  $u(k) < u_{min}$  の時、

$$u(k) = u_{min}$$

とし、積分値は

$$\Sigma \{r(k) - \bar{x}(k)\}$$

$$= [u_{min} - K_1^T \{r(k) - \bar{x}(k)\} - K_2^T \bar{x}(k)] / k_4$$

を満足するように再設定する。

但し、 $\Sigma \{r(k) - \bar{x}(k)\} > 0$  となる時には、

つぎに、このシステムが定常状態において定常偏差を生じないように、トルク指令値とホイールトルク推定値との偏差に対し積分制御を施す。その時、制御入力  $u$  は

$$u(k) = K_1^T r(k) - K_2^T \bar{x}(k)$$

$$+ K_3^T \Sigma \{r(k) - \bar{x}(k)\}$$

となり、また、行列  $K_1$ 、行列  $K_2$  は次のように決定することができる。

$$K_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad K_2 = \begin{bmatrix} k_4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

( $k_4$ : 積分ゲイン)

なお、出力制御手段51がインバータ回路で、アクチュエータ手段61が交流モータで構成されていることを考えると、電流の定格値から制御入力の限界値が存在する。そこで、動的補償手段31の最終段に飽和特性を持ったリミッタ319を設けている。また、飽和領域に達すると状態フィードバックの効果がなくなる。これを防ぐために、積分制御における積分値に対して、次のような処

$$\Sigma \{r(k) - \bar{x}(k)\} = 0$$

とする。

以上をブロック図で表すと第7図における動的補償手段31が得られる。

上述の構成より成る第1実施例においては、車両の駆動力を制御する際、状態量推定手段81において、アクチュエータ制御信号演算手段41への制御入力信号と車両状態量検出手段71からの実際の出力状態量を入力し、これらの値により車両駆動系を模擬した近似モデルの状態量を実際の状態量に追従させる。これにより、検出できない状態量近似モデルにより推定された状態量を使用すること、すなわち、推定が可能になる。続いて動的補償手段31において、各々の状態量にフィードバックゲインを掛けその結果をトルク指令演算手段11からのトルク指令から減算する、いわゆる、状態フィードバックを行う。ここで、各々の状態量に対するフィードバックゲインは、系の理想的な状態からのずれ（各状態量の定常値からの偏差）に対し、それをすみやかに減少させるよう

な値に設定する。

本実施例によれば、サスペンションや弾性変形するタイヤを有する車輪101などによるバネ系と非線形特性、パラメータ変動などを有する駆動系が干渉し、通常、振動といった不安定現象が発生する車両駆動系においても、車両駆動系の近似モデルに基づいて検出できない車両の状態量を推定し、各々の状態量に的確なフィードバックゲインを掛けて状態フィードバックする。そのため、系が常に安定な状態に保たれ、振動などの不安定現象のない車両駆動系が実現できる。

また、これを実現するために特別な機械要素を必要としないので重量、スペースの面で有利であり、ひいては、経済性、信頼性においても優れている。

さらに、状態量推定手段81により推定された状態量は、トラクション・コントロールなどの他の車両制御への情報として、または運転状態のモニタとして利用できるので、全体的には検出器の低減が可能となりコスト、スペース、信頼性の面

で利するところが多い。

また、本実施例では、状態量推定手段81において、車両駆動系をアクチュエータ側の慣性系と車体側の慣性系とをバネで結合した極めて簡潔な近似モデルで模擬している。そして、この近似モデルにおいて、出力に関する状態量はすでに既知であることに着目してそれらに対する次元を格下げし、その結果得られる最小次元のモデルを状態量推定手段81内に設けている。原理的には、制御入力に対する出力を演算し、演算された出力と検出器により検出した出力との偏差が零に収束するようにフィードバックすることと等価な演算を行っている。すなわち、状態量推定手段81内の状態量を実機の状態量に追従させている。

従って、実際の車両駆動系を少ない次数の近似モデルで近似でき近似精度も高い。また、状態量推定手段81内で推定する際には、さらに、次数の少ないモデルを使用するため推定するための演算量が減少し制御回路の簡単化、高速化が可能となる。

また、本実施例においては、状態量推定手段81において、フィードバック行列 $L$ を極配置法に基づいて決定しているため、推定される状態量が極配置法で指定される極位置に対応した応答速度で実値に追従する。従って、フィルタ的な効果が現れノイズ等の外乱に対しても強い。また、アナログ回路により構成することも容易であるので、高応答、高精度の制御回路を実現できる。

同様に、動的補償手段81においても、フィードバックゲインを極配置法に基づいて決定しているため、車両駆動系の応答速度が、極配置法により指定した極位置に対応した応答速度になる。従って、実用化する際に、車両駆動系として求められる応答性能に応じた適切なフィードバックゲインを設定することができる。

また、動的補償手段81において、入力指令に対する状態量の偏差を積分しその積分値に積分ゲインを掛けたのち入力指令に加算する、いわゆる、積分制御を行っているため、定常偏差は生じない。従って、積分特性のない制御対象に対しても、系

の状態量を常に入力指令に追従させることが可能となり、制御がきわめて容易となる。また、状態フィードバックとは別に積分ゲインを設定できるので設計が容易である。

また、動的補償手段81において、限界値を超える制御入力信号に対しては、制御入力信号を限界値に再設定し、その時の積分補償または積分制御の積分値については、制御入力信号が限界値になるような値を逆算し、その値に再設定する。従って、系の動作点は完全な飽和領域に入らず線形領域と飽和領域の境界に再設定される。その結果として、制御入力が増大するような状態においても、状態フィードバックは作用することになり、常に車輪駆動系は安定化される。

また、限界値を極端に越える制御入力信号により、再設定された後の積分値の符号が変わるような場合には、積分値を零に再設定する。そのため、ノイズ等により積分値が本来の値から極端にかけ離れた値に再設定されることはなく、常に安定で信頼性の高い車輪駆動系が実現できる。



また、車両状態量検出手段71においては、比較的高精度で高応答な検出が容易なアクチュエータの回転速度を検出している。従って、状態量推定手段81における状態量の推定精度が向上し、その結果、車両駆動系の制御においても高精度で高応答な制御特性が得られる。

さらに、アクチュエータ手段61として、堅牢、安価、保守不要である交流モータを使用し、電子回路ならびに電気的な電力変換回路で駆動している。従って、高精度、高応答の制御が可能で、騒音も小さくクリーンなシステムが実現する。また、保守もほとんど不要となる。

## 第2実施例

本発明の第2実施例の車両駆動系制御装置を説明する。

本実施例は、前記第1実施例の車両駆動系制御装置において、行列 $K_1$ 、行列 $K_2$ 、行列 $K_3$ の選り方および制御対象の構成を変えた例である。

以下、前記第1実施例との相違点を中心に詳述

1は、ブロック図で示すと第7図における211～215、811～818となる。

動的補償手段31においては、積分補償を含んだ状態フィードバックを行う。即ち、状態量推定手段81で推定された状態ベクトル $\hat{x}$ 、入力と状態ベクトルとの差 $[r(k) - \hat{x}(k)]$ さらに積分補償の積分値に対しフィードバックゲインを掛けてそれらを加算することにより制御入力 $u$ を求める。ここで、フィードバックゲインを適切に与えることにより車両駆動系を安定化する制御入力信号を得ることができる。これを、実現するために、次のように、系を4次元に拡張して考える。

$$\begin{bmatrix} x(k+1) \\ w_1(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ w_1(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ Tm r \end{bmatrix}$$

ここで、上式を $A'$ 、 $B'$ 、 $x'$ 、 $r'$ を使っ

する。

本第2実施例の車両駆動系制御装置は、先ず、アクチュエータ制御信号演算手段41を電流制御回路で、出力制御手段51をPWM式のチョッパ回路で、アクチュエータ手段61を直流モータで、車両状態量検出手段71をモータの回転速度検出センサで構成している。

また、本実施例装置は、アクチュエータ制御信号演算手段31と出力制御手段41とアクチュエータ手段51とトルク伝達手段91と駆動輪101と車両状態量検出手段71とからなる部分を行列 $A$ 、 $B$ 、 $C$ による制御対象として示している。

このシステムにおいて、近似モデルを前記第1実施例と同様に構成することにより、

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k-1) \\ y(k) &= Cx(k) \end{aligned}$$

なる離散化された状態方程式を得ることができ、また、状態量推定手段81においても、第1実施例と同様の最小次元オブザーバを設計する。その時、制御対象210ならび状態量推定手段8

て書き換えると、

$$\begin{aligned} x'(k+1) &= A'x'(k) + B'u(k) \\ &\quad + r'(k) \end{aligned}$$

となる。この拡張された系に対して、極配置法よりフィードバックゲインを決定する。すなわち、行列 $[A' - B'k^*r]$ に対する安定な固有値（絶対値が1より小さい）を指定し、それを満足する $k^*r$ を求める。なお、この極配置法に関しては、前記第1実施例と同様に制御工学においてよく用いられる一般的な方法であるので詳細な説明は省く。

以上により求められた $k^*r$ を、

$$k^*r = [k_1, k_2, k_3, k_4]$$

とすると行列 $K_1$ 、行列 $K_2$ 、行列 $K_3$ は次のように決定することができる。

$$\begin{aligned} K_1 &= \begin{bmatrix} k_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad K_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ k_2 \\ k_3 \end{bmatrix}, \\ K_3 &= \begin{bmatrix} k_4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

この行列 $K_1$ 、行列 $K_2$ 、行列 $K_3$ を用いて次に示す状態フィードバックを行うことにより、安定で定常偏差を生じない車両駆動系が実現できる。

$$u(k) = K_1^T \{r(k) - \bar{x}(k)\} - K_2^T \bar{x}(k) + K_3^T w(k)$$

ここで、 $w(k) = \sum \{r(k) - \bar{x}(k)\}$ 。  
なお、この場合も出力制御手段51がチョッパ回路で、アクチュエータ手段61が直流モータで構成されていることを考えると、電流の定格値から制御入力の限界値が存在する。そこで、動的補償手段31の最終段に飽和特性を持ったリミッタ319を設ける。また、飽和領域に達すると状態フィードバックの効果がなくなる。これを防ぐために、積分制御における積分値に対して、前記第1実施例のような処理を行う。

以上のようにすることにより、本第2実施例装置は、前記第1実施例と同様の効果を実するほか、以下のような効果を実する。

すなわち、動的補償手段31において、入力指令に対する偏差を積分しその積分値をフィードバ

ため制御回路も簡単化する。

### 第3実施例

本発明の第3実施例の車両駆動系制御装置を、第8図を用いて説明する。

本実施例は、アクチュエータ制御信号演算手段を変速比演算回路で、出力制御手段を変速比制御回路で、アクチュエータ手段を無段変速機で車両状態量検出手段を車速検出センサで構成している。また、トルク伝達手段は車軸で、車輪は弾性に富んだタイヤが一体的に取りつけられた市販のタイヤで構成し、それらは支持装置を介して車体に固定している。

以下、本実施例装置を、前記第1実施例との相違点を中心に詳述する。

本第3実施例の車両駆動系制御装置は、第8図に示すように、アクチュエータ制御信号演算手段と、出力制御手段、アクチュエータ手段、トルク伝達手段、車輪、車両状態量検出手段とからなる部分を、行列 $A$ 、 $B$ 、 $C$ による制御対象として示し

ックする、いわゆる、積分補償を行っているため、定常偏差は生じない。従って、積分特性のない制御対象に対しても、系の状態量を常に入力指令に追従させることが可能となり、制御がきわめて容易となる。

また、動的補償手段31において、限界値を超える制御入力信号に対しては、制御入力信号を限界値に再設定し、その時の積分補償の積分値については、制御入力信号が限界値になるような値を逆算し、その値に再設定する。従って、系の動作点は完全な飽和領域に入らず線形領域と飽和領域の境界に再設定される。その結果として、制御入力が飽和するような状態においても、状態フィードバックは作用することになり、常に車両駆動系は安定化される。

さらに、アクチュエータ手段61として、制御が容易な直流モータを使用し、電子回路ならびに電気的な電力変換回路で駆動しているので、高精度、高応答の制御が可能で、騒音も小さくクリーンなシステムが実現する。また、制御が容易である

ている。トルク指令演算手段については、第2図、第3図におけるトルク指令演算手段11と同じであるので図から省いている。

このシステムにおいて、近似モデルを第5図のように構成する。そして、状態方程式を次のように表す。

$$P \dot{x} = A x + B u$$

$$y = C x, \quad P = d/dt$$

$$u = T m, \quad x = [T h, \Delta \omega, \omega v]^T,$$

$$y = \omega v$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & K & 0 \\ -1/J_m & -D_m/J_m & 0 \\ 1/J_v & 0 & -D_v/J_v \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/J_m \\ 0 \end{bmatrix}, \quad C = [0, 0, 1]$$

この状態方程式をコントローラのサンプリングタイムで離散化すると

$$x(k+1) = A x(k) + B u(k-1)$$

$$y(k) = Cx(k)$$

なる状態方程式を得ることができる。これを、ブロック図で表すと第8図における制御対象230（構成要素：231～235）となる。

つぎに、上式で表される制御対象に対し同一次元オブザーバによる状態量推定手段を設計する。すなわち、次の式により、状態ベクトル $\bar{x}$ を推定するオブザーバを構成する。

$$\begin{aligned}\bar{x}(k+1) &= A\bar{x}(k) + Bu(k-1) \\ &\quad + L(y(k) - \bar{y}(k))\end{aligned}$$

$$\bar{y}(k) = C\bar{x}(k)$$

同一次元オブザーバの設計に際しては有限整定法を適用する。すなわち、同一次元オブザーバの極をすべて零に設定する。これにより、行列 $L$  833が決定される。行列 $A$  835、行列 $B$  831、行列 $C$  836については、制御対象230の近似モデルと同じである。この結果、制御入力 $u$ と出力 $y$ を入力し状態ベクトル $x$ を推定する状態量推定手段83が実現する。推定された状態ベクトル $\bar{x}$ は、動的補償手段33に出力する。ただし、状

態量が整定するまでにオブザーバの次元の数回だけ演算を繰り返す必要があるため、オブザーバの演算周期は他の演算の1/3に設定する。なお、同一次元オブザーバの設計法および有限整定法に関しては、制御工学においてよく用いられる一般的な方法である。

動的補償手段33においては、積分補償と計算遅れ補償を含んだ状態フィードバックを行う。すなわち状態量推定手段83で推定された状態ベクトル $\bar{x}$ 、人力と状態ベクトルとの差 $[r(k) - \bar{x}(k)]$ 、積分補償の積分値、1回前の制御入力に対し、フィードバックゲインを掛けてそれらを加算することにより制御入力 $u$ を求める。ここで、フィードバックゲインを適切に与えることにより車両駆動系を安定化する制御入力信号を得ることができる。これを実現するために、まず、第2実施例と同様に、系を4次元に拡張して考える。

$$\begin{bmatrix} x(k+1) \\ w_1(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ w_1(k) \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ T_m r \end{bmatrix}$$

ここで、上式を $A'$ 、 $B'$ 、 $x'$ 、 $r'$ を使って書き換えると、

$$\begin{aligned}x'(k+1) &= A'x'(k) + B'u(k) \\ &\quad + r'(k)\end{aligned}$$

となる。この拡張された系に対して、最適レギュレータの手法に基づいてフィードバックゲインを決定する。すなわち、評価関数

$$\begin{aligned}J &= 1/2 \sum_{k=0}^{\infty} [x'(k)' Q x'(k) \\ &\quad + R u(k)^2]\end{aligned}$$

を最小にする $k^*$ をリカッチの方程式より求める。なお、最適レギュレータの手法に関しては、制御工学においてよく用いられる一般的な方法であるので詳細な説明は省く。

以上により求められた $k^*$ を、

$$k^* = [k_1', k_2', k_3', k_4']$$

とすると、つぎに、次式の計算を行い、計算遅れ補償を考慮した5次元モデルのフィードバックゲ

インを求める。

$$k^* = [k_1, k_2, k_3, k_4]$$

$$= k^{*'} A$$

$$k_2 = k^{*'} B$$

以上の計算から、第8図における行列 $K_1$  (332)、行列 $K_2$  (334)、行列 $K_3$  (337)、 $K_4$  (340)、 $K_5$  (341)を決定することができる。

$$K_1 = \begin{bmatrix} k_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad K_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ k_2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$K_3 = \begin{bmatrix} k_3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$K_4 = k_4, \quad K_5 = k_4$$

この行列 $K_1$  (332)、行列 $K_2$  (334)、行列 $K_3$  (337)、 $K_4$  (340)、 $K_5$  (341)を用いて次に示す状態フィードバックを行うことにより、安定で定常偏差を生じない車両駆動系が実現できる。

$$\begin{aligned}
 u(k) &= K_1^T \{ r(k) - \hat{z}(k) \} \\
 &\quad - K_2^T \hat{z}(k) + K_3^T w(k) \\
 &\quad - K_4 y(k) - K_5 u(k-1)
 \end{aligned}$$

ここで、 $w(k) = \{ r(k) - \hat{z}(k) \}$

以上をブロック図で表すと第8図における動的補償手段33が得られる。

上述の構成より成る第3実施例においては、車両の駆動力を制御する際、状態量推定手段83において、アクチュエータ制御信号演算手段43への制御入力信号と車両状態量検出手段73からの実際の出力状態量を入力し、これらの値により車両駆動系を模擬した近似モデルの状態量を実際の状態量に追従させる。これにより、検出できない状態量も近似モデルにより推定された状態量を使用すること、すなわち、推定が可能になる。続いて動的補償手段33において、各々の状態量にフィードバックゲインを掛けその結果をトルク指令演算手段からのトルク指令から減算する、いわゆる、状態フィードバックを行う。ここで、各々の状態量に対するフィードバックゲインは、系の理想的

ルとまったく同じモデルを状態量推定手段83に構成し、制御入力に対する出力を演算している。続いて、演算された出力と検出器により検出した出力とを比較し、その偏差が零に収束するようにフィードバックを行っている。すなわち、状態量推定手段83の状態量を実際の状態量に追従させている。従って、実際の車両駆動系を少ない次数で近似でき近似精度も高い。また、近似モデルとまったく同じモデルを状態量推定手段83内に設けるため推定した状態量が物理的な意味を持つ諸量となり都合がよい。また、ノイズ等にも強い。

また、状態量推定手段83において、フィードバック行列 $L$ 833を有限整定法に基づいて決定しているため、推定される状態量が状態量推定手段83に設けられたモデルの次数に等しい演算回数で収束する。従って、そのため、演算周期が長い場合においても、短時間で状態量を推定することができる。

また、動的補償手段33において、フィードバックゲインを最適レギュレータの手法に基づいて

な状態からのずれ（各状態量の定常値からの偏差）に対し、それをすみやかに減少させるような値に設定する。

以上のようにすることにより、本第3実施例装置は、前記第1実施例と同様の効果を奏するほか、以下のような効果を奏する。

すなわち、サスペンションや弾性変形するタイヤを含む車輪などによるバネ系と非線形特性、パラメータ変動などを有する駆動系が干渉し、通常、振動といった不安定現象が発生する車両駆動系においても、車両駆動系の近似モデルに基づいて検出できない車両の状態量を推定し、各々の状態量に的確なフィードバックゲインを掛けて状態フィードバックする。そのため、系が常に安定な状態に保たれ、振動などの不安定現象のない車両駆動系が実現できる。

また、本実施例では、状態量推定手段83において、車量駆動系をアクチュエータ側の慣性系と車体側の慣性系とをバネで結合した極めて簡潔な近似モデルで模擬している。そして、この近似モデ

ル決定しているため、車両駆動系の応答が、動的補償手段33において最適レギュレータにより設定した評価関数を最小とする応答となる。従って、実用化する際に、個々の制御対象に応じた適切なフィードバックゲインを設定することができる。

また、動的補償手段33において、入力指令に対する偏差を積分しその積分値をフィードバックする、いわゆる、積分補償を行っているため、定常偏差は生じない。そのため、積分特性のない制御対象に対しても、系の状態量を常に入力指令に追従させることが可能となり、制御がきわめて容易となる。

また、動的補償手段33を計算機で構成する際、計算機の計算遅れも状態量として定義しフィードバックする、いわゆる、計算遅れ補償を行なっている。従って、制御周期が長い場合においても、計算遅れの影響を極力小さくすることができる。

また、車両状態量検出手段検出器においては、もともと他の車両制御で使用している車速検出器の情報を使用して状態量推定手段83での状態量

の推定を行っている。従って、車両状態量検出手段を付加する必要がなくなり経済的にも有利である。

さらに、アクチュエータ手段として、無段変速機を適用している。

そのため、エンジン等を動力源として無段変速機の変速比を変えることにより、即応性に優れ、かつ出力の大きなトルクの制御が可能となる。また、運転持続時間も長くとれ、走行距離も延びる。

#### 第4実施例

本発明の第4実施例の車両駆動系制御装置を、第9図を用いて説明する。

本実施例は、アクチュエータ制御信号演算手段を指令トルクに対し各種操作量を演算する燃料噴射量演算回路と吸入空気量演算回路および点火タイミング演算回路で、出力制御手段を燃料噴射量制御回路と吸入空気量制御回路および点火タイミング制御回路で、アクチュエータ手段をエンジンで、車両状態量検出手段をエンジン回転数検出センサ

$$u = T_m, \quad x = [T_h, \Delta\omega, \omega_m]^T, \\ y = \omega_m$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & & & & \\ & -1/J_m & & & \\ & 1/J_v - 1/J_m & & & \\ & & K & & 0 \\ & & -D_m/J_m & & 0 \\ & & D_v/J_v - D_m/J_m & & -D_v/J_v \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/J_m \\ 1/J_m \end{bmatrix}, \quad C = [0, 0, 1]$$

この状態方程式をコントローラのサンプリングタイムで離散化すると、

$$x(k+1) = A x(k) + B u(k-1) \\ y(k) = C x(k)$$

なる状態方程式を得ることができる。これを、ブロック図で表すと第9図における制御対象250(構成要素: 251~255)となる。

つぎに、上式で表される制御対象250に対し同一次元オブザーバによる状態量推定手段85を

で構成している。また、トルク伝達手段はトランスミッションおよび車軸で、車輪は弾性に富んだタイヤが一体的に取りつけられた市販のタイヤで構成し、それらは支持装置を介して車体に固定している。

以下、本実施例装置を、前記第1実施例との相違点を中心に詳述する。

本第4実施例の車両駆動系制御装置は、第9図に示すように、アクチュエータ制御信号演算手段と、出力制御手段、アクチュエータ手段、トルク伝達手段、車輪、車両状態量検出手段とからなる部分を、行列A、B、Cによる制御対象として示している。トルク指令演算手段については、第2図、第3図におけるトルク指令演算手段11と同じであるので図から省いている。

このシステムにおいて、近似モデルを第5図のように構成する。そして、状態方程式を次のように表す。

$$P x = A x + B u \\ y = C x, \quad P = d/dt$$

設計する。すなわち、次の式により、状態ベクトル $\bar{x}$ を推定するオブザーバを構成する。

$$\bar{x}(k+1) = A \bar{x}(k) + B u(k-1) \\ + L \{y(k) - \bar{y}(k)\} \\ \bar{y}(k) = C \bar{x}(k)$$

同一次元オブザーバの設計に際しては極配置法を適用する。すなわち、同一次元オブザーバの極を単位円内に設定する。これにより、行列L853が決定される。行列A855、行列B851、行列C856については、制御対象250の近似モデルと同じである。

以上により、制御入力 $u$ と出力 $y$ を入力し状態ベクトル $x$ を推定する状態量推定手段85が実現する。推定された状態ベクトル $\bar{x}$ は、動的補償手段35に出力する。なお、同一次元オブザーバの設計法および極配置法に関しては、制御工学においてよく用いられる一般的な方法である。

動的補償手段35においては、計算遅れ補償を含んだ状態フィードバックを行う。すなわち状態量推定手段85で推定された状態ベクトル $\bar{x}$ 、出

力 $y$ 、1回前の制御入力に対し、フィードバックゲインを掛けてそれらを加算することにより制御入力 $u$ を求める。ここで、フィードバックゲインを適切に与えることにより車両駆動系を安定化する制御入力信号を得ることができる。これを、実現するために、系を4次元に拡張して考える。

$$\begin{bmatrix} x(k+1) \\ w_1(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ w_1(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$$

ここで、上式を $A'$ 、 $B'$ 、 $x'$ を使って書き換えると

$$x'(k+1) = A'x'(k) + B'u(k)$$

となる。この拡張された系に対して、極配置法に基づいてフィードバックゲインを決定する。すなわち、行列 $[A' - B'k']$ に対する安定な固有値（絶対値が1より小さい）を指定し、それを満足する $k'$ を求める。なお、ここでの極配置

法に関しても、制御工学においてよく用いられる一般的な方法である。以上により求められた $k'$ を、

$$k' = [k_1, k_2, k_3, k_4]$$

とすると行列 $K_1$  (352)、 $K_2$  (356)、 $K_3$  (355)は次のように決定することができる。

$$K_1 = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad K_2 = k_3,$$

$$K_3 = k_4.$$

この行列 $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ を用いて次に示す状態フィードバックを行うことにより、安定な車両駆動系が実現できる。

$$u(k) = r(k) - K_1' \bar{x}(k)$$

$$- K_2 y(k) - K_3 u(k-1)$$

以上をブロック図で表すと第8図における動的補償手段35が得られる。

トルク指令演算手段15においては、定常偏差をなくするために、あらかじめ定常偏差分のオフセ

ットをトルク指令値に加えている。すなわち、その時のトルク指令値が $Tmr'$ で回転速度が $\omega m$ とすると、その時の定常状態における定常偏差は次式のように、 $Tmr'$ と $\omega m$ の関数で一義的に定まる。

$$\Delta Tmr = f(Tmr', \omega m)$$

そこで、トルク指令演算手段15の最終段では、トルク指令値 $Tmr'$ に $\Delta Tmr$ を加算し、

$$Tmr = Tmr' + \Delta Tmr$$

を $r(k)$ として出力している。

上述の構成より成る第4実施例においては、車両の駆動力を制御する際、状態量推定手段85において、アクチュエータ制御信号演算手段への制御入力信号と車両状態量検出手段からの実際の出力状態量を入力し、これらの値により車両駆動系を模擬した近似モデルの状態量を実機の状態量に追従させる。これにより、検出できない状態量も近似モデルにより推定された状態量を使用すること、すなわち、推定が可能になる。続いて動的補償手段35において、各々の状態量にフィードバック

ゲインを掛けその結果をトルク指令演算手段15からのトルク指令から減算する、いわゆる、状態フィードバックを行う。ここで、各々の状態量に対するフィードバックゲインは、系の理想的な状態からのずれ（各状態量の定常値からの偏差）に対し、それをすみやかに減少させるような値に設定する。

以上のようにすることにより、前記第1実施例と同様の効果を奏するほか、下記のような効果を奏する。

すなわち、状態量推定手段85において、車両駆動系をアクチュエータ側の慣性系と車体側の慣性系とをバネで結合した極めて簡潔な近似モデルで模擬している。そして、この近似モデルとまったく同じモデルを状態量推定手段85内に構成し、制御入力に対する出力を演算している。続いて、演算された出力と検出器により検出した出力とを比較し、その偏差が零に収束するようにフィードバックを行っている。すなわち、状態量推定手段85内の状態量を実機の状態量に追従させている。

従って、実際の車両駆動系を少ない次数で近似でき近似精度も高い。また、近似モデルとまったく同じモデルを状態観測手段内に設けるため推定した状態量が物理的な意味を持つ諸量となり都合がよい。また、ノイズ等にも強い。

また、状態量推定手段85において、フィードバック行列 $L_{853}$ を極配置法に基づいて決定しているため、推定される状態量が極配置法で指定される極位置に対応した応答速度で実際値に追従する。そのため、フィルタ的な効果が現れノイズ等の外乱に対しても強い。また、アナログ回路により構成することも容易であるので、高応答、高精度の制御回路を実現できる。

同様に、動的補償手段35においても、フィードバックゲインを極配置法に基づいて決定しているため、車両駆動系の応答速度が、極配置法により指定した極位置に対応した応答速度になる。そのため、実用化する際に、車両駆動系として求められる応答性能に応じた適切なフィードバックゲインを設定することができる。

以上の実施例のほか、車両駆動系制御装置をアナログ回路またはロジック回路により構成することもできる。また、第1から第22までの発明の組合せとしても、上記実施例以外の組合せが有り得る。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の概念を示す概略構成図、第2図は従来技術の概略構成図、第3図は本発明の車両駆動系の制御対象の一例を示す概略構成図、第4図は本発明の車両駆動系の一モデルを示す概略構成図、第5図は本発明の車両駆動系の一近似モデルを示す概略構成図、第6図および第7図は本発明の第1実施例を示し、第6図はその全体を示す概略構成図、第7図はその車両駆動系の制御対象を示す構成図、第8図は第2実施例の車両駆動系の制御対象を示す構成図、第9図は第3実施例の車両駆動系の制御対象を示す構成図である。

10、11・・・トルク指令演算手段、

また、トルク指令演算手段15においては、あらかじめ定常偏差分のオフセットをトルク指令値に加え、状態量の定常値が本来の入力指令に落ち着くように制御している。従って、積分特性のない制御対象に対しても、系の状態量を常に入力指令に追従させることが可能となり、制御が極めて容易となる。また、積分補償、積分制御等による極の追加もないため、系の応答性を上げることができる。

また、車両状態量検出手段においては、比較的高精度で高応答な検出が容易なアクチュエータの回転速度を検出している。従って、状態観測手段35における状態量の推定精度が向上し、その結果、車輪駆動系の制御においても高精度で高応答な制御特性が得られる。

さらに、アクチュエータ手段として、エネルギー密度の高い化学エネルギーを使用するエンジンを適用している。従って、軽量の車両を構成できる。また、運転持続時間も長くとれ、走行距離も延びる。さらに、出力を大きくとることも可能となる。

- 20、21・・・制御量演算手段、
- 30、31・・・動的補償手段、
- 40、41・・・アクチュエータ制御信号演算手段
- 50、51・・・出力制御手段、
- 60、61・・・アクチュエータ手段、
- 70、71・・・車両状態量検出手段、
- 80、81・・・状態量推定手段、
- 90、91・・・トルク伝達手段、
- 100、101・・・車輪

特許出願人

株式会社豊田中央研究所

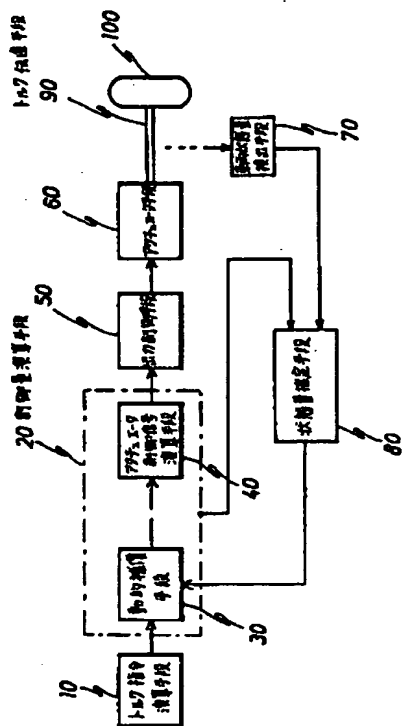
代理人

弁理士

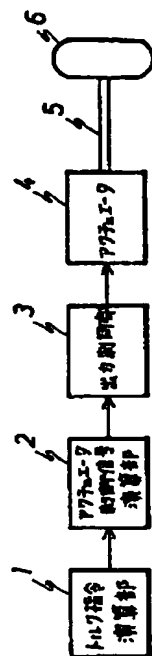
高橋克彦

(外1名)

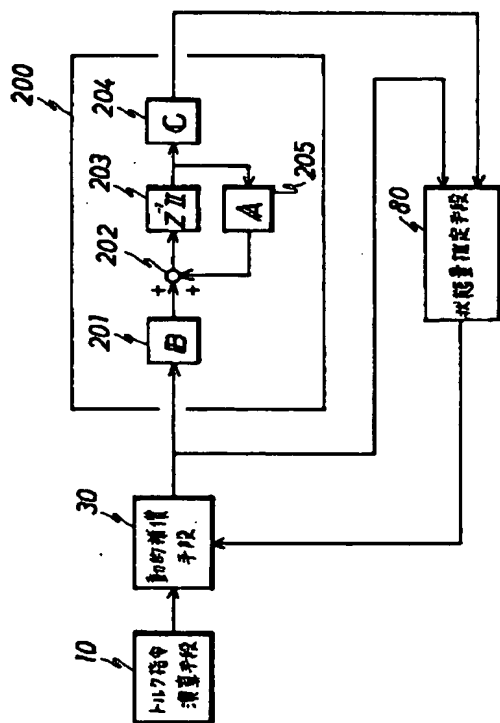




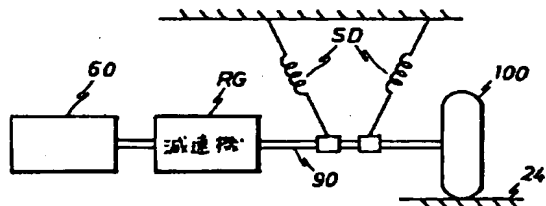
第1図



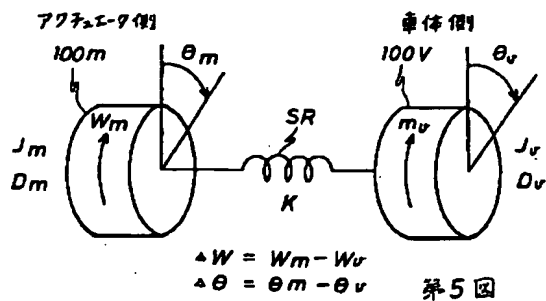
第2図



第3図

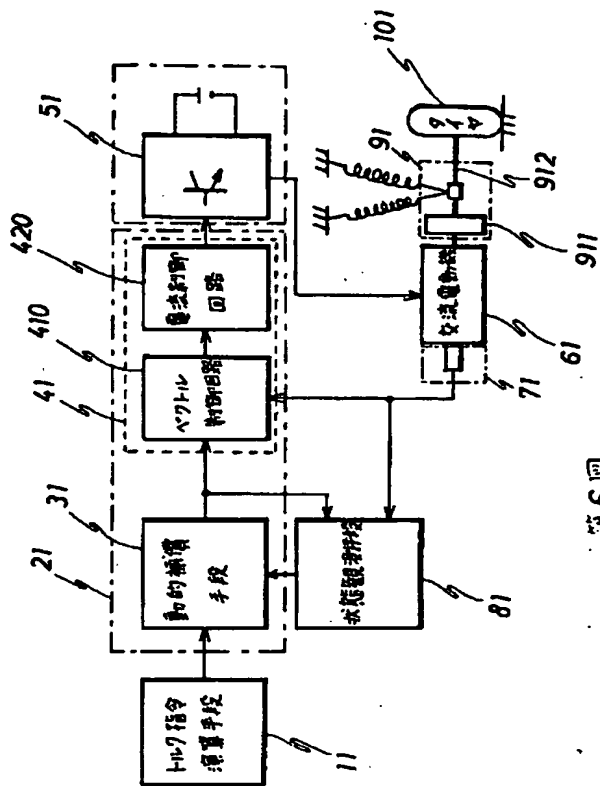


第4図

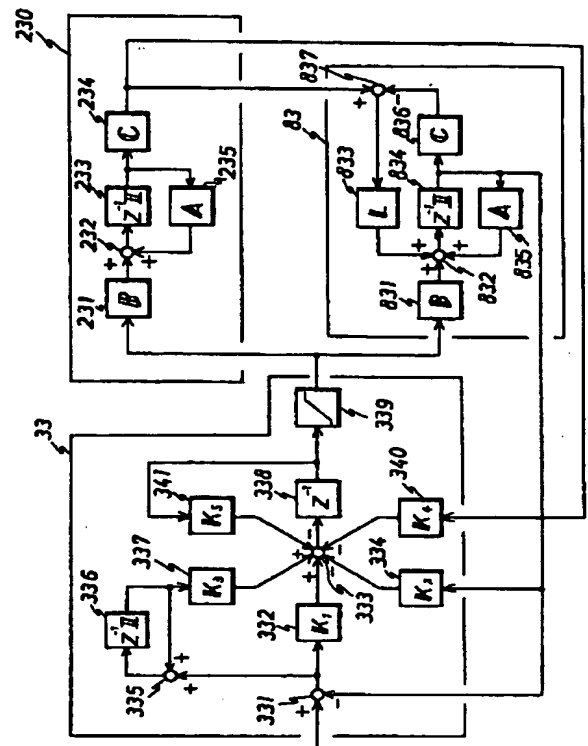


第5図

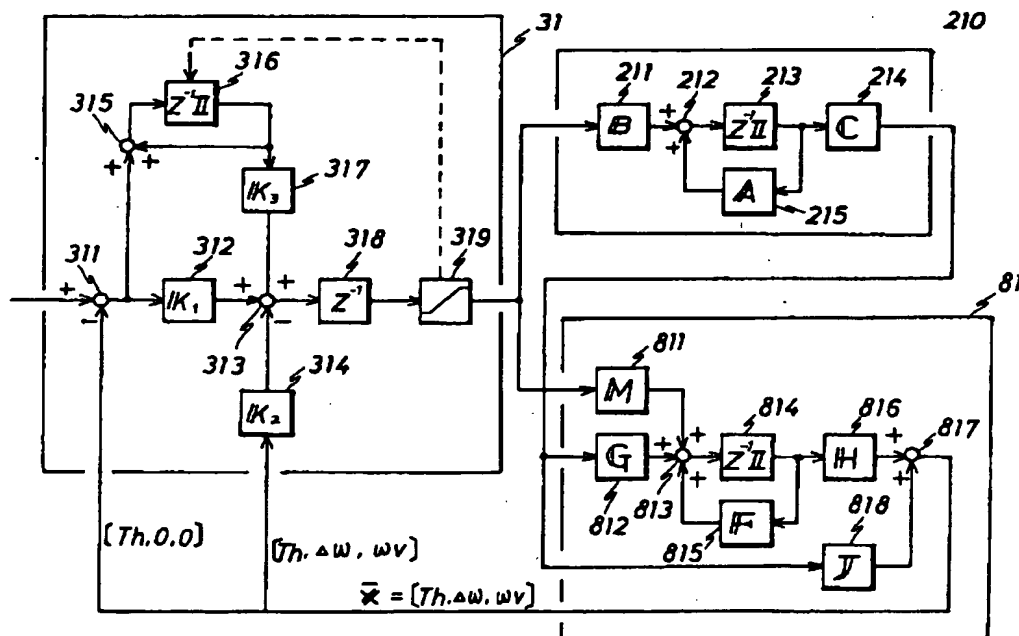




第6図



第8図



第7図

第9圖

